

## Действие биопрепаратов на ростовые параметры *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf

Л. В. Сухарева

Вологодский научный центр Российской академии наук, Вологда, Россия

Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина, Молочное, Россия

E-mail: lyubov.suxareva@yandex.ru

**Аннотация.** Цель исследования – изучить эффективность применения микробиологических препаратов на ростовые характеристики сорго суданского в условиях Вологодской области на фоне с внесением удобрений и без них. **Методология и методы.** Научно-исследовательская работа впервые проводилась в Вологодской области на опытном поле ФГБУН «Вологодский научный центр Российской академии наук» в 2022 г. В работе использовались биопрепараты на основе живых клеток микроорганизмов, основа препарата «Натурост-Актив» состоит из культуры клеток *Lactobacillus buchneri*, «Натурост-М» – *Bacillus megaterium*. **Объект исследования** – сорго суданское сорта Землячка. Мелкоделяночный полевой эксперимент предусматривал следующие варианты: контроль (1 вар.), контроль + удобрение (2 вар.), биопрепарат (3 вар.), биопрепарат 1 + удобрение (4 вар.), биопрепарат 2 + удобрение (5 вар.). Повторность опыта трехкратная, площадь учетной делянки 5 м<sup>2</sup>. Показатели представлены 4 учета за сезон. **Результаты.** Общая кустистость в варианте с применением препарата «Натурост-Актив» увеличивается на 35,3 %, прибавка в 29,4 % к контролю отмечается в варианте «Натурост-Актив» + удобрение. Продуктивная кустистость фиксировалась в каждом варианте, максимальная прибавка к контролю составляла 45,5 % в варианте «контроль + удобрение». Наибольшая прибавка к контролю в 42,5 % по средней площади листовой поверхности была определена в варианте с использованием препарата «Натурост-М» и внесением удобрений. **Научная новизна.** Впервые проведено исследование на сорго суданском сорта Землячка в условиях Вологодской области с использованием биопрепаратов «Натурост-Актив» на основе культуры клеток *Lactobacillus buchneri* и «Натурост-М» – *Bacillus megaterium* на фоне с внесением удобрений и без них, которые потом могут быть рекомендованы для увеличения адаптации растений и повышения продуктивности. В свою очередь, сорго суданское может быть рекомендовано как основной или вспомогательный элемент севооборота.

**Ключевые слова:** суданская трава, морфометрические показатели, микробиологические препараты, интродукция, агрономия, кормопроизводство, сорго суданское, микробно-растительное взаимодействие, стимулятор роста.

**Для цитирования:** Сухарева Л. В. Действие биопрепаратов на ростовые параметры *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 01. С. 12–21. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-01-12-21.

**Дата поступления статьи:** 29.03.2023, **дата рецензирования:** 20.05.2023, **дата принятия:** 01.08.2023.

## Effect of biopreparations on growth parameters of *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf

L. V. Sukhareva

Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences, Vologda, Russia

Vologda State Dairy Academy named after N. V. Vereshchagin, Molochное, Russia

E-mail: lyubov.suxareva@yandex.ru

**Abstract.** The purpose of the study was to study the effectiveness of microbiological preparations on the growth characteristics of Sudan sorghum under the conditions of the Vologda region on the background with and without

fertilizers. **Methodology and methods.** Research work was first carried out in the Vologda region in the experimental field of FSBSI “Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences” in 2022. Biopreparations based on living cells of microorganisms were used, the basis of the drug “Natuorst-Aktiv” consists of cell culture *Lactobacillus buchneri*, “Natuorst-M” – *Bacillus megaterium*. **The object** of the study was Sudanese sorghum variety Zemlyachka. Small-scale field experiment included the following variants: control (1 var.), control + fertilizer (2 var.), biopreparation (3 var.), biopreparation 1 + fertilizer (4 var.), biopreparation 2 + fertilizer (5 var.). Repetition of the experiment – 3 times, the area of recording plot 5 m<sup>2</sup>. Indicators are presented by 4 counts per season. **Results.** The total bushiness in the variant with the “Natuorst-Aktiv” increases by 35.3 %, an increase of 29.4 % to the control is noted in the variant “Natuorst-Aktiv” + fertilizer. Productive bushiness was fixed in each variant, the maximum increase to the control was 45.5 % in the variant control + fertilizer. The greatest gain to the control of 42.5 % in the average area of the leaf surface was determined in the variant with the use of the drug “Natuorst-M” and fertilization. **Scientific novelty.** For the first time a study on Sudan sorghum variety Zemlyachka in the conditions of the Vologda region using the biopreparation “Natuorst-Aktiv” based on the cell culture *Lactobacillus buchneri* and “Natuorst-M” – *Bacillus megaterium* on the background with and without fertilizers, which then can be recommended to increase the adaptation of plants and increase productivity, in turn Sudan sorghum can be recommended as a basic or auxiliary element of crop rotation.

**Keywords:** sudan grass, morphometric indicators, microbiological preparations, introduction, agronomy, forage production, Sudan sorghum, microbial-growth interaction, growth stimulant.

**For citation:** Sukhareva L. V. Deystvie biopreparatov na rostovye parametry Sorghum sudanense (Riper) Stapf [Effect of biopreparations on growth parameters of Sorghum sudanense (Piper) Stapf] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2024. Vol. 24, No. 01. Pp. 12–21. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-01-12-21. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 29.03.2023, **date of review:** 20.05.2023, **date of acceptance:** 01.08.2023.

### Постановка проблемы (Introduction)

В Вологодской области приоритетным направлением сельского хозяйства является молочное животноводство. Один из способов увеличения количества продуктов молочного животноводства – качественное и количественное улучшение кормовой базы [1, с. 98]. Повышение классности кормов возможно за счет интродукции высокопродуктивных кормовых культур [2, с. 98]. Одной из таких культур является суданская трава (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf. [3, с. 3].

Культура суданской травы во многом универсальна. Она имеет высокую урожайность зеленой массы и ее качество, обладает высокой засухоустойчивостью, устойчива к вытаптыванию скотом. Все эти качества делают культуру адаптируемой под условия произрастания. Из суданской травы заготавливают силос, сенаж, сено, зеленую массу [3, с. 3]. Зеленая масса сорго суданского содержит 19 кормовых единиц и 2,3 кг переваримого протеина, а сено – 52 кормовые единицы и 6,5 кг переваримого протеина. Например, тимофеевка луговая, типичная кормовая культура для Вологодской области, содержит в сене всего 48 кормовых единиц.

Другая сторона улучшения кормовой базы – использование биопрепаратов, которые являются альтернативой использования химических средств для увеличения продуктивности культур сельскохозяйственных растений. В этом отношении перспективным является использование микробных препаратов или удобрений. Микробно-растительные взаимодействия – один из возможных путей интен-

сификации ростовых процессов растений, повышения их продуктивности и качества урожая [4, с. 1].

Взаимодействие растительных и микробных организмов способно улучшать азотное и оптимизировать фосфорное питание растений, повышать коэффициенты использования макро- и микроэлементов из удобрений и почвы, стимулировать рост и развитие растений, подавлять фитопатогенные организмы, а также увеличивать устойчивость растений к стрессовым условиям и пр. [5, с. 20; 6, с. 29].

Например, в исследованиях О. В. Сырмолот с соавторами доказано, что при совместном использовании препаратов «Гамаир» (*Bacillus subtilis* М-22 ВИЗР) и «Мивал-Агро» (комплекс кремний-органического соединения из группы силатранов и аналога фитогормона из группы ауксинов) эффективность против септориоза достигает 29,7 %, а при использовании препаратов «Бактофит» (*Bacillus subtilis* ИПМ-215) и «Циркон» (природная смесь гидроксикоричных кислот и их производных) эффективность против пероноспороза – 26,1 %. При этом все препараты оказали положительное действие на рост и развитие растений сои, увеличивая массу 1000 семян на 13,5–22,0 % [8].

Однако несмотря на высокую степень изученности некоторых биопрепаратов, потребность в создании новых велика. Подобный тезис отмечают многие исследователи в своих работах [9–12]. Е. В. Бирюков, помимо прочего отмечает, что местная микрофлора почв лучше адаптирована к экологическим условиям (влажность, температура, конкуренция), чем организмы, вносимые извне [14].

Неслучайно много внимания уделяется изучению штаммов, которые обладают существенным биотехнологическим потенциалом.

Многие авторы к одним из наиболее перспективных для создания микробиологических препаратов относят представителей рода *Bacillus*. Они могут синтезировать липопротеиды, этилен, полиамины и вещества гормонального происхождения. Например, в своем научном обзоре R. Radhakrishnan с соавторами отмечают, что представители рода *Bacillus* способны усваивать атмосферный азот, преобразуют недоступные формы питательных элементов, главным образом азота и фосфора, в доступные для растений, с помощью производства сидерофоров помогают солиubilизировать железо из минералов и органических соединений, восстанавливая  $Fe^{3+}$  в доступную для растений форму  $Fe^{2+}$ , а также синтезируют фитогормональные соединения – ауксины, цитокинины, гиббереллины и пр. При использовании биопрепарата «М-5», который содержит штаммы *Bacillus subtilis*, *B. laterosporus*, *B. amyloliquefaciens* и *B. lentus*, наблюдалось оздоровление почвы и повышение доступности питательных элементов (увеличилось содержание подвижного фосфора, обменного калия, кальция и магния, нитратного азота и органического углерода) для растений [14–16]. *B. megaterium* также способен выступать в роли потенциально перспективного вида. Вероятно, его действие на растительные объекты связано с синтезом цитокининов, что в первую очередь приводит к более активному развитию корневой системы растений, особенно боковых корней. Кроме этого, имеются данные, что *B. megaterium* ХТВГ34 стимулирует рост растений за счет синтеза 2-пентилфурана [17–19].

Несмотря на сравнительно малый интерес исследователей к представителям рода *Lactobacillus* в отношении их возможности повышать продуктивные качества культур, эти микроорганизмы довольно конкурентоспособны, что позволяет им успешно существовать в почве и эффективно взаимодействовать в системе с растениями. Установлено, что антимикробная и стимулирующая рост активность молочнокислых бактерий связана с продуцированием ими различных метаболитов, в частности, валериановой и масляной кислот, также эти бактерии способны к синтезу фитогормонов группы ауксина.

Таким образом, в настоящий момент существует немало микробиологических препаратов в России и особенно в мире. Однако запросы растениеводства имеющиеся препараты полностью не удовлетворяют. Основные проблемы – отсутствие необходимой правильной пропаганды использования биопрепаратов, а также слабо развитые механизмы перехода научных разработок в реальный сектор производства. Несмотря на имеющееся разнообразие штаммов и разработок, существует необходимость фор-

мирования конкретных научно обоснованных пар «сорт – штамм», которые будут отвечать конкретным экологическим требованиям агроценозов и запросам производства. К наиболее перспективным родам в первую очередь можно отнести *Bacillus*, представители которых, как правило, способны выполнять сразу множество полезных функций: синтез биологически активных веществ, защита от патогенов, мобилизация многих элементов питания и пр.

Цель исследования – изучить эффективность применения микробиологических препаратов на ростовые характеристики сорго суданского в условиях Вологодской области на фоне с внесением удобрений и без них.

Задачи: оценить влияние исследуемых бактерий на морфометрические показатели сорго суданского, провести анализ фотосинтетических пигментов, оценить продуктивный показатель, определить предполагаемую значимость сорго суданского для кормовых целей в заданных условиях.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Проведение эксперимента по изучению влияния биопрепаратов осуществлялось на опытном поле ФГБУН «Вологодский научный центр Российской академии наук» (ВолНЦ РАН) в 2022 г.

В работе использовались биопрепараты, созданные компанией ООО «Биотроф» (Санкт-Петербург) на основе живых клеток микроорганизмов. В основе препарата «Натурост-Актив» лежит культура клеток *Lactobacillus buchneri*, а препарата «Натурост-М» – *Bacillus megaterium*. В качестве объекта опыта было выбрано сорго суданское (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf) сорта Землячка (среднеспелая линия, среднее время выметывания).

Полевой эксперимент предусматривал следующие варианты:

- 1) обработка водой (контроль);
- 2) обработка водой (контроль) + удобрение;
- 3) препарат «Натурост-Актив»;
- 4) препарат «Натурост-актив» + удобрение;
- 5) Препарат «Натурост-М»;
- 6) препарат «Натурост-М» + удобрение.

В качестве удобрения выбрана азофоска в дозировке 16 г/м<sup>2</sup>. Повторность опыта трехкратная, площадь учетной делянки составляла 5 м<sup>2</sup>. Посев происходил в соответствии с рекомендованными нормами высева и составлял 50 шт. на 1 п. м. С учетом 80-процентной полевой всхожести площадь питания растений составила 1,12 м<sup>2</sup>. Семенной материал в вариантах с препаратами перед посевом инокулировали в рабочих растворах препаратов в концентрации 1 мл препарата на 1 л воды, семена контрольной группы замачивались в воде. В фазу кущения проводили однократное опрыскивание растений рабочими растворами той же концентрации согласно рекомендациям производителя.

Закладка опыта была проведена 30 мая. Образцы отбирались несколько раз за сезон, в фазы 3–5 листьев через 29 дней после посева, кущение (51 день), трубоквания (71 день), выметывания (90 дней). Средняя продолжительность вегетационного периода у сорго суданского в среднем от 100 до 130 дней, в 2022 году в условиях опыта на Вологодской области вегетационный период сорго суданского составил всего 91 день. Погодные условия с 30 мая по 28 августа 2022 года могли неоднозначно повлиять на рост и развития сорго суданского. После посева температура 2 раза падала ниже 10 °С, что могло привести к медленному прорастанию и длительному межфазному периоду «посев – всхожесть». Среднесуточная температура в период вегетации была +19,2 °С, что несколько ниже требуемых для культуры. Влажность в среднем за все время была 71 %. Количество дней с осадками – 17 из 30, их сумма составила 48 мм.

Почва на опытном участке осушенная дерново-подзолистая, среднесуглинистая. Результаты химического анализа почвы (таблица 1) показывают относительно низкое содержание биогенных элементов.

Статистическая обработка данных осуществлялась по стандартным методикам с использованием пакета анализа данных программы MS Excel'2010. В таблицах представлены средние значения показателей и величины их средних арифметических ошибок.

### Результаты (Results)

Показатель общей и продуктивной кустистости сорго суданского измерялся в 4 фазы развития растений – фазу трех листьев, кущения, трубоквания, выметывания. Увеличение общей кустистости наблюдается с фазы трубоквания во всех вариантах, за исключением варианта «контроль + удобрение»,

что оставляет убыль на 23,7 % от контроля. Относительное увеличение кустистости на 7,7–15,4 % отмечается в вариантах с использованием препарата «Натурост-Актив» и «Натурост-Актив» + удобрение. Существенную прибавку к контролю в 46,2 % показал вариант с применением препарата «Натурост-М» и внесением удобрений. В фазу выметывания ситуация несколько меняется. Наибольшую прибавку к контролю (35,3 %) дает вариант с использованием препарата «Натурост-Актив» и составляет. Стоит выделить и вариант «Натурост-Актив» с внесением удобрений, который превышает контроль на 29,4 %. Контрольный вариант с внесением удобрений в эту фазу роста растений также уступает контролю, разница составляет 11,8 %. В таблице 2 показана средняя кустистость растений суданской травы за сезон.

Образование продуктивных органов было отмечено в каждом варианте. В контроле количество продуктивных органов составляло  $1,1 \pm 0,3$  шт. Прибавка к контролю в 45,5 % фиксировалась только в варианте контроля с внесением удобрений. На уровне контроля продуктивность держалась в варианте с использованием препарата «Натурост-Актив» и внесением удобрений. В остальных вариантах фиксировались единичные растения. Это можно объяснить тем, что набранной за летний период суммы активных температур было недостаточно для образования продуктивных органов. Также уборка растений прошла несколько раньше во избежание подмерзания с приближающимися заморозками.

Так же, как и у параметра общей кустистости, отчетливо видна разница по количеству листьев. В фазу трех листьев идет увеличение количества листьев относительно контроля на 8,3–22,2 %. Максимальная положительная разница отмечается в ва-

Таблица 1  
Химический состав почвы опытных делянок

Показатель	Значение за 2022 г.
Обменный аммоний, мг/кг	$1,6 \pm 0,2$
Азот нитратный, мг/кг	$11,5 \pm 2,3$
Подвижный калий, мг/кг	$143,5 \pm 21,5$
Подвижный фосфор, мг/кг	$179,0 \pm 35,8$
pH солевой вытяжки, ед. pH	$5,2 \pm 0,1$
Составлено по: результатам химического анализа ФГБУ ГЦАС «Вологодский»	

Table 1  
Soil chemistry of experimental plots

Indicator	2022
Exchangeable ammonium, mg/kg	$1.6 \pm 0.2$
Nitrate nitrogen, mg/kg	$11.5 \pm 2.3$
Traceable potassium, mg/kg	$143.5 \pm 21.5$
Traceable phosphorus, mg/kg	$179.0 \pm 35.8$
pH of the salt extract, pH units	$5.2 \pm 0.1$
Compiled by: the results of chemical analysis of FGBU State Center of Agrochemical Service "Vologodskiy"	

рианте с использованием препарата «Натурост-Актив» и аналогичным вариантом с внесением удобрений. В фазу начала кушения прибавка к контролю составляет 5,5–12,8 %. В варианте с применением препарата «Натурост-М» количество листьев аналогично контрольному варианту, но в варианте с использованием этого препарата и внесением удобрений

идет увеличение количества листьев и составляет максимальную прибавку в 12,8 %. В фазу трубкавания разница к контролю колебалась от 17,8 % до 21,9 %. Существенную прибавку к контролю в 21,9 % показ вариант с применением препарата «Натурост-М». Итоговое измерение проводилось в фазу выметывания, где в каждом опытном варианте

Таблица 2  
Средняя кустистость, шт.

Контроль	Контроль + удобрение	«Натурост-Актив»	«Натурост-Актив» + удобрение	«Натурост-М»	«Натурост-М» + удобрение
<b>Фаза трех листьев</b>					
1 ± 0,0	1 ± 0,0	1 ± 0,0	1 ± 0,0	1 ± 0,0	1 ± 0,0
<b>Фаза начала кушения</b>					
1 ± 0,0	1 ± 0,0	1 ± 0,0	1 ± 0,0	1 ± 0,0	1 ± 0,0
<b>Фаза трубкавания</b>					
1,3 ± 0,1*	1 ± 0,0	1,4 ± 0,2*	1,5 ± 0,2*	1,3 ± 0,1*	1,9 ± 0,2*
НСР <sub>05</sub> = 0,6					
<b>Фаза начала выметывания</b>					
1,7 ± 0,3	1,5 ± 0,2	1,9 ± 0,3	2,3 ± 0,4	2,2 ± 0,3	1,7 ± 0,3
НСР <sub>05</sub> = 1,2					

Примечание. \* Разница с контролем статистически достоверна при P < 0,5.  
Источник: составлено авторами по результатам исследований.

Table 2  
Average bushiness, pcs.

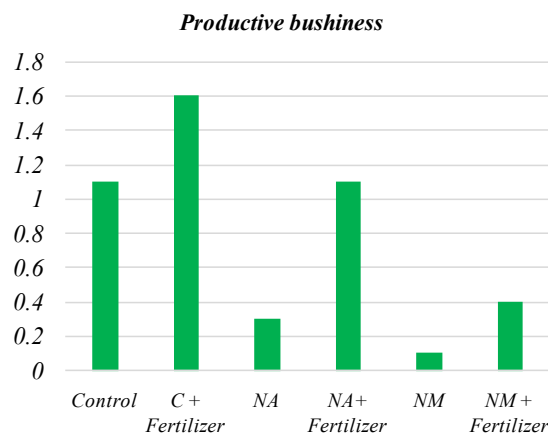
Control	Control + fertilizer	“Naturost-Aktiv”	“Naturost-Aktiv” + fertilizer	“Naturost-M”	“Naturost-M” + fertilizer
<b>Phase of 3 leaves</b>					
1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0
<b>Tillering phase</b>					
1 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0
<b>Piping phase</b>					
1.3 ± 0.1*	1 ± 0.0*	1.4 ± 0.2*	1.5 ± 0.2*	1.3 ± 0.1*	1.9 ± 0.2*
LSD <sub>05</sub> = 0.6					
<b>Phase of the beginning of the sweep</b>					
1.7 ± 0.3	1.5 ± 0.2	1.9 ± 0.3	2.3 ± 0.4	2.2 ± 0.3	1.7 ± 0.3
LSD <sub>05</sub> = 1.2					

Note. \* The difference with control is statistically significant at P < 0.5.  
Source: compiled by the authors based on research results.



НСР<sub>05</sub> = 0,9

Рис. 1. Количество продуктивных органов, шт.



LSD<sub>05</sub> = 0.9

Fig. 1 Number of productive organs, pcs.



## Среднее количество листьев на растение, шт.

Контроль	Контроль + удобрение	«Натурост-Актив»	«Натурост-Актив» + удобрение	«Натурост-М»	«Натурост-М» + удобрение
<b>Фаза трех листьев</b>					
3,6 ± 0,2	3,9 ± 0,2	4,4 ± 0,2	4,4 ± 0,3	4,1 ± 0,2	4,1 ± 0,1
НСР <sub>05</sub> = 0,8					
<b>Фаза начала кушения</b>					
3,9 ± 0,2	4,3 ± 0,2	4,1 ± 0,2	4,2 ± 0,2	3,9 ± 0,2	4,4 ± 0,4
НСР <sub>05</sub> = 0,8					
<b>Фаза трубкования</b>					
7,3 ± 0,5*	6,0 ± 0,3*	7,3 ± 0,5*	6,9 ± 0,3*	7,0 ± 0,5*	8,9 ± 0,5*
НСР <sub>05</sub> = 2,1*					
<b>Фаза начала выметывания</b>					
9,3 ± 1,0	9,5 ± 0,4	10,3 ± 1,1	12,3 ± 1,5	11,9 ± 1,4	11,0 ± 1,6
НСР <sub>05</sub> = 5,7					

Примечание. \* Разница с контролем статистически достоверна при  $P < 0,5$ .

Источник: составлено авторами по результатам исследований.

Table 3  
Average number of leaves per plant, pcs.

Control	Control + fertilizer	“Natuorst-Aktiv”	“Natuorst-Aktiv” + fertilizer	“Natuorst-M”	“Natuorst-M” + fertilizer
<b>Phase of 3 leaves</b>					
3.6 ± 0.2	3.9 ± 0.2	4.4 ± 0.2	4.4 ± 0.3	4.1 ± 0.2	4.1 ± 0.1
LSD <sub>05</sub> = 0.8					
<b>Tillering phase</b>					
3.9 ± 0.2	4.3 ± 0.2	4.1 ± 0.2	4.2 ± 0.2	3.9 ± 0.2	4.4 ± 0.4
LSD <sub>05</sub> = 0,8					
<b>Piping phase</b>					
7.3 ± 0.5*	6.0 ± 0.3*	7.3 ± 0.5*	6.9 ± 0.3*	7.0 ± 0.5*	8.9 ± 0.5*
LSD <sub>05</sub> = 2.1*					
<b>Phase of the beginning of the sweep</b>					
9.3 ± 1.0	9.5 ± 0.4	10.3 ± 1.1	12.3 ± 1.5	11.9 ± 1.4	11.0 ± 1.6
LSD <sub>05</sub> = 5.7					

Note. \* The difference with control is statistically significant at  $P < 0.5$ .

Source: compiled by the authors based on research results.

была положительная прибавка от 2,2 % до 32,3 %. Наибольшая прибавка к контролю (32,3 %) отмечалась в вариантах с препаратом «Натурост-Актив» и внесением удобрений и составляла, а также в варианте с применением препарата «Натурост-М» на основе бактерии *Bacillus megaterium*. В таблице 3 представлены данные по количеству листьев в убираемые фазы по вариантам.

Средняя площадь листовой поверхности в фазу трех листьев в опытных вариантах больше относительно контроля на 7,3–45,6 %. Во вторую измеряемую фазу максимальная прибавка площади листовой поверхности к контролю наблюдается во всех вариантах, кроме варианта с применением препарата «Натурост-М», где наблюдается снижение площади листовой поверхности на 9,6 % относительно контроля. Максимальная прибавка к контролю в 181,5 % и 53,3 % наблюдается в варианте «Натурост-М» + удобрение и варианте «контроль + удобрение» соответственно. В фазу начала выметывания

прибавка к контролю отмечалась в вариантах с использованием биопрепаратов и внесением удобрений. Таким образом, прибавка в варианте «Натурост-Актив» + удобрение составила 23,2 %, в варианте с использованием препарата «Натурост-М» и внесением удобрений – 42,5 %. Данные по площади листьев представлены в таблице 4.

#### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

По представленным данным можно подвести промежуточный итог, что используемые микробиологические препараты оказывают некоторое влияние на морфометрические и продуктивные качества растений сорго суданского в положительной динамике, но наиболее существенное увеличение биомассы при данных условиях наблюдалось в вариантах с использованием и биологических препаратов и удобрения.

Проведение исследования указанных параметров суданской травы проводилось в 4 фазы развития растений – фазу трех листьев, кушения,

трубкования, выметывания. Увеличение среднего показателя общей кустистости начинается в фазу трубкования. Максимальная прибавка к контролю в 7,7–15,4 % отмечается в вариантах с применением биопрепаратов и внесением удобрений. В фазу выметывания ситуация несколько меняется. Вариант на основе штамма *Lactobacillus buchneri* и аналогичный вариант с внесением удобрений дает прибавку к контролю в 11,7–35,3 %. Вариант на основе *Bacillus megaterium* увеличивает средний показатель кустистости на 29,4 %.

Образование продуктивных органов было отмечено в каждом варианте. В контроле количество продуктивных органов составляло  $1,1 \pm 0,3$  шт. Прибавка к контролю в 45,5 % фиксировалась только в варианте контроля с внесением удобрений. На уровне контроля продуктивность держалась в варианте с использованием препарата «Натурост-Ак-

тив» и внесением удобрений. В остальных вариантах фиксировались единичные растения.

При этом отчетливо видна разница по количеству листьев. В фазу трех листьев идет увеличение среднего показателя количества листьев во всех опытных вариантах, прибавка к контролю составляет до 22,2 %. Максимальная положительная разница отмечается в варианте с использованием препарата «Натурост-Актив» и аналогичным вариантом с внесением удобрений (препарат «Натурост-Актив» является микробиологическим удобрением и стимулятором роста) На стадии выметывания положительная прибавка вариантов с применением биопрепаратов и внесением удобрений сохраняется и составляет в паре «Натурост-Актив» и «Натурост-Актив» + удобрение 10,7 % и 32,3 %, в паре «Натурост-М» и «Натурост-М» + удобрение – 18,3 % и 27,9 % соответственно.

Таблица 4  
Средняя площадь поверхности листьев, мм

Контроль	Контроль + удобрение	«Натурост-Актив»	«Натурост-Актив» + удобрение	«Натурост-М»	«Натурост-М» + удобрение
<b>Фаза трех листьев</b>					
323,9 ± 28,1	471,7 ± 48,8	356,9 ± 32,9	347,7 ± 42,4	394,2 ± 44,1	435,5 ± 47,7
НСР <sub>05</sub> = 162,6					
<b>Фаза начала кушения</b>					
844,2 ± 87,7*	1 294,5 ± 99,6*	1 052,5 ± 162,5*	1 198,8 ± 153,5*	810,3 ± 86,3*	2 376,6 ± 308,6*
НСР <sub>05</sub> = 662,2*					
<b>Фаза трубкования</b>					
4 713,5 ± 388,2*	5 362,4 ± 519,4*	4 032,7 ± 296,0*	5 010,5 ± 297,7*	3 902,0 ± 432,3*	6 642,2 ± 547,8*
НСР <sub>05</sub> = 1 670,9*					
<b>Фаза начала выметывания</b>					
11 076,0 ± 1 647,8*	9 002,2 ± 1 194,2*	10 366,4 ± 1 629,6*	13 643,2 ± 1256,4*	9 990,8 ± 1 382,7*	15 779,4 ± 2 424,8*
НСР <sub>05</sub> = 6 453,5*					

Примечание. \* Разница с контролем статистически достоверна при  $P < 0,5$ .

Источник: составлено авторами по результатам исследований.

Table 4  
Average leaf surface area, mm

Control	Control + fertilizer	“Natuorst-Aktiv”	“Natuorst-Aktiv” + fertilizer	“Natuorst-M”	“Natuorst-M” + fertilizer
<b>Phase of 3 leaves</b>					
323.9 ± 28.1	471.7 ± 48.8	356.9 ± 32.9	347.7 ± 42.4	394.2 ± 44.1	435.5 ± 47.7
LSD <sub>05</sub> = 162.6					
<b>Tillering phase</b>					
844.2 ± 87.7*	1 294.5 ± 99.6*	1 052.5 ± 162.5*	1 540.9 ± 148.1*	1 198.8 ± 153.5*	810.3 ± 86.3*
LSD <sub>05</sub> = 662.2*					
<b>Piping phase</b>					
4 713.5 ± 388.2*	5 362.4 ± 519.4*	4 032.7 ± 296.0*	5 010.5 ± 297.7*	3 902.0 ± 432.3*	6 642.2 ± 547.8*
LSD <sub>05</sub> = 1 670.9*					
<b>Phase of the beginning of the sweep</b>					
11 076.0 ± 1 647.8*	9 002.2 ± 1 194.2*	10 366.4 ± 1 629.6*	13 643.2 ± 1 256.4*	9 990.8 ± 1 382.7*	15 779.4 ± 2 424.8*
LSD <sub>05</sub> = 6453.5*					

Note. \* The difference with control is statistically significant at  $P < 0.5$ .

Source: compiled by the authors based on research results.

Средняя площадь листовой поверхности в фазу трех листьев в опытных вариантах больше относительно контроля на 7,3–45,6 %. В фазу начала выметывания прибавка к контролю отмечалась в вариантах с использованием биопрепаратов и внесением удобрений на 23,2–42,5 %.

По всем признакам относительно контроля, где обработка семенного материала проводилась водой, максимальная прибавка наблюдалась в вариантах с использованием биопрепаратов и внесением удобрений. Так как почва опытного участка характеризуется довольно скудным содержанием питательных элементов, препараты, обладающие способностью переводить в доступную форму фосфор и калий, увеличивать коэффициент использования

удобрений и стимулировать развитие корневой системы, показали некоторую эффективность. Стоит выделить вариант с использованием препарата «Натурост-Актив» на основе бактерий *Lactobacillus buchneri* и внесением удобрений, где в совокупности по трем перечисленным признакам отмечается значительная прибавка к контролю.

Опыт планируется продолжать для дальнейшего изучения влияния препаратов на сорго суданское, также планируется расширение сортового и видového перечня сельскохозяйственных культур.

#### Благодарности (Acknowledgements)

Работа выполнена в рамках государственного задания FMGZ-2022-0010.

#### Библиографический список

1. Назаров А. А. Повышение продуктивности животноводческих отраслей через формирование устойчивой кормовой базы // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2015. № 1 (10). С. 98–100.
2. Журавель Н. В., Чумакова В. В., Мартиросян В. В. Зерновой амарант – перспективная культура // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 10. С. 71–72.
3. Solodun V. I., Polnomochnov D. A., Boyarkin E. V. Influence of sowing time on the yield of green mass of the sudan grass in the forest-steppe of pre-baikal region // Vestnik IRGSHA. 2020. No. 100. Pp. 82–88.
4. Петров В. Б., Чеботарь В. К. Микробиологические препараты в практическом растениеводстве России: функции, эффективность, перспективы [Электронный ресурс] // Бисолби микробные препараты. Библиотека: справочные материалы и другая полезная информация доступная для скачивания: сайт. URL: <http://bisolbiplus.ru/docs/28.pdf> (дата обращения: 01.03.2023).
5. Максимов И. В., Сингх Б. П., Черепанова Е. А., Бурханова Г. Ф., Хайруллин Р. М. Перспективы применения бактерий – продуктов липопептидов для защиты растений (обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. 2020. № 56 (1). С. 19–34.
6. Разумкова Г. М. Перспективы производства и использования бактериальных удобрений // VIII Лужские научные чтения. Современное научное знание: теория и практика: материалы международной научной конференции. Санкт-Петербург, 2020. С. 28–32.
7. Тихонович И. А., Завалин А. А., Благовещенская Г. Г., Кожемяков А. П. Использование биопрепаратов – дополнительный источник элементов питания растений // Плодородие. 2011. № 3 (60). С. 9–13.
8. Сырмолот О. В., Байделюк Е. С., Кочева Н. С. Применение биопрепаратов и стимуляторов роста при возделывании сои в Приморском крае // Достижения науки и техники АПК. 2020. № 8. С. 70–74.
9. Васильева Е. Н., Ахтемова Г. А., Жуков В. А., Тихонович И. А. Эндофитные микроорганизмы в фундаментальных исследованиях и сельском хозяйстве // Экологическая генетика. 2019. № 17 (1). С. 19–32.
10. Веселова С. В., Бурханова Г. Ф., Румянцев С. Д., Благова Д. К., Максимов И. В. Бактерии рода *Bacillus* в регуляции устойчивости пшеницы к обыкновенной злаковой бактерии *Schizaphis graminum* Rond. // Прикладная биохимия и микробиология. 2019. № 1. С. 56–63.
11. Шулико Н. Н., Хамова О. Ф., Воронкова Н. А., Тукмачева Е. Е., Дороненко В. Д. Влияние комплексного применения удобрений и биопрепаратов на эффективное плодородие чернозема выщелоченного и продуктивность ячменя // Агробиохимия. 2019. № 2. С. 13–20.
12. Moysa P., Barrera V., Cipollone J., Bedoya C., Kohan L., Toledo A., Sisterna M. New isolates of *Trichoderma* spp. as biocontrol and plant growth-promoting agents in the pathosystem *Pyrenophora teres*-barley in Argentina // Biological Control. 2020. No. 141. Pp. 104–152. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2019.104152.
13. Sabaté D. C., Petroselli G., Erra-Balsells R., Audisio M. C., Pérez C. Beneficial effect of *Bacillus* sp. P12 on soil biological activities and pathogen control in common bean // Biological Control. 2020. No. 141. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2019.104131.
14. Бирюков Е. В. Возможность применения биопрепарата триходермин в качестве микробиологического удобрения в условиях Тамбовской области // Вопросы современной науки и практики Университет им. В. И. Вернадского. 2008. Т. 1. № 11. С. 84–92.
15. Avdeenko A., Avdeenko S., Domatskiy V., Platonov A. *Bacillus subtilis* based products as an alternative to agrochemicals // Research on Crops. 2020. No. 21 (1). Pp. 156–159. DOI: 10.31830/2348-7542.2020.026.



16. Феклистова И. Н., Садовская Л. Е., Маслак Д. В., Гринева И. А., Кулешова Ю. М., Скакун Т. Л., Ломоносова В. А., Лысак В. В., Максимова Н. П. Биологические препараты для защиты и повышения урожая сельскохозяйственных культур // Биологически активные препараты для растениеводства: материалы конференции. Минск, 2018. С. 196–198.
17. Платонов А. В., Рассохина И. И., Сухарева Л. В., Лаптев Г. Ю., Большаков В. Н. Продуктивность кормовых трав при использовании микробиологических препаратов в условиях Вологодской области // Кормопроизводство. 2021. № 1. С. 21–25. DOI: 10.25685/KRM.2021.1.2021.001.
18. Лисина Т. О., Кононенко А. Н., Круглов Ю. В. Влияние *BACILLUS MEGATERIUM* 501 GR на продуктивность семенного картофеля // Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки: материалы III Международной научной конференции. Ялта, 2018. С. 40–41.
19. Zou C., Li Z., Yu D. *Bacillus megaterium* strain XTBG34 promotes plant growth by producing 2-pentylfuran // The Journal of Microbiology. 2010. No. 48. Pp. 460–466. DOI: 10.1007/s12275-010-0068-z.

**Об авторе:**

Любовь Владимировна Сухарева, младший научный сотрудник<sup>1</sup>, аспирант<sup>2</sup>, ORCID 0000-0002-1069-0856, AuthorID 959592; +7 900 506-81-72, [lyubov.suxareva@yandex.ru](mailto:lyubov.suxareva@yandex.ru)

<sup>1</sup> Вологодский научный центр Российской академии наук, Вологда, Россия

<sup>2</sup> Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина, Молочное, Россия

**References**

- Nazarov A. A. Povyshenie produktivnosti zhivotnovodcheskikh otrasley cherez formirovanie ustoychivoy kormovoy bazy [Improving the productivity of livestock industries through the formation of a sustainable fodder base] // Azimuth of Scientific Research: Economics and Administration. 2015. No. 1 (10). Pp. 98–100.
- Zhuravel' N. V., Chumakova V. V., Martirosyan V. V. Zernovoy amarant – perspektivnaya kul'tura [Grain amaranth is a promising crop] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2012. No. 10. Pp. 71–72. (In Russian.)
- Solodun V. I., Polnomochnov D. A., Boyarkin E. V. Influence of sowing time on the yield of green mass of the sudan grass in the forest-steppe of pre-baikal region // Vestnik IRGSHA. 2020. No. 100. Pp. 82–88.
- Petrov V. B., Chebotar' V. K. Mikrobiologicheskie preparaty v prakticheskom rastenievodstve Rossii: funktsii, effektivnost', perspektivy [Microbiological preparations in practical crop production in Russia: functions, efficiency, prospects] [e-resource] // Bisolbi mikrobynye preparaty. Biblioteka: spravochnye materialy i drugaya poleznaya informatsiya dostupnaya dlya skachivaniya: site. URL: <http://bisolbiplus.ru/docs/28.pdf> (date of reference: 01.03.2023). (In Russian.)
- Maksimov I. V., Singkh B. P., Cherepanova E. A., Burkhanova G. F., Khayrullin R. M. Perspektivy primeneniya bakteriy – produktov lipopeptidov dlya zashchity rasteniy (obzor) [Prospects of application of bacteria – products of lipopeptides for plant protection (review)] // Applied Biochemistry and Microbiology. 2020. No. 56 (1). Pp. 19–34.
- Razumkova G. M. Perspektivy proizvodstva i ispol'zovaniya bakterial'nykh udobreniy [Prospects for production and use of bacterial fertilizers] // VIII Luzhskie nauchnye chteniya. Sovremennoe nauchnoe znanie: teoriya i praktika: materialy mezhdunar. nauch. konf. 22 maya 2020g. – Saint Petersburg: LGU im. A. S. Pushkina. 2020. Pp. 28–32. (In Russian.)
- Tikhonovich I. A., Zavalin A. A., Blagoveshchenskaya G. G., Kozhemyakov A. P. Ispol'zovanie biopreparatov – dopolnitel'nyy istochnik elementov pitaniya rasteniy [Use of biopreparation – an additional source of plant nutrition elements] // Plodorodie. 2011. No 3 (60). Pp. 9–13. (In Russian.)
- Syrmolot O. V., Baydelyuk E. S., Kocheva N. S. Primenenie biopreparatov i stimulyatorov rosta pri vozde-lyvanii soi v Primorskom krae [Application of biopreparations and growth stimulants in soybean cultivation in Primorsky Krai] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2020. No. 8. Pp. 70–74. (In Russian.)
- Vasil'eva E. N., Akhtemova G. A., Zhukov V. A., Tikhonovich I. A. Endofitnye mikroorganizmy v fundamental'nykh issledovaniyakh i sel'skom khozyaystve [Endophytic microorganisms in basic research and agriculture] // Ecological genetics. 2019. No 17 (1). Pp. 19–32. (In Russian.)
- Veselova S. V., Burkhanova G. F., Rumyantsev S. D., Blagova D. K., Maksimov I. V. Bakterii roda *Bacillus* v regulyatsii ustoychivosti pshenitsy k obyknovnoy zlakovoy bakterii *Schizaphis graminum* Rond [Bacteria of the genus *Bacillus* in the regulation of wheat resistance to the common cereal bacterium *Schizaphis graminum* Rond.] // Applied Biochemistry and Microbiology. 2019. No. 1. Pp. 56–63. (In Russian.)
- Shuliko N. N., Khamova O. F., Voronkova N. A., Tukmacheva E. E., Doronenko V. D. Vliyanie kompleksnogo primeneniya udobreniy i biopreparatov na effektivnoe plodorodie chernozema vyshchelochennogo i produk-

tivnost' yachmenya [Effect of complex application of fertilizers and biological preparations on effective fertility of leached chernozem and barley productivity] // Eurasian Soil Science. 2019. No 2. Pp. 13–20. (In Russian.)

12. Moya P., Barrera V., Cipollone J., Bedoya C., Kohan L., Toledo A., Sisterna M. New isolates of *Trichoderma* spp. as biocontrol and plant growth-promoting agents in the pathosystem *Pyrenophora teres*-barley in Argentina // Biological Control. 2020. No. 141. Pp. 104–152. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2019.104152.

13. Sabaté D. C., Petroselli G., Erra-Balsells R., Audisio M. C., Pérez C. Beneficial effect of *Bacillus* sp. P12 on soil biological activities and pathogen control in common bean // Biological Control. 2020. No. 141. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2019.104131.

14. Biryukov E. V. Vozmozhnost' primeneniya biopreparata trikhodermin v kachestve mikrobiologicheskogo udobreniya v usloviyakh Tambovskoy oblasti [Possibility of Trichodermin biopreparation application as a microbiological fertilizer under the conditions of the Tambov region] // Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo. 2008. Vol. 1. No 11. Pp. 84–92. (In Russian.)

15. Avdeenko A., Avdeenko S., Domatskiy V., Platonov A. *Bacillus subtilis* based products as an alternative to agrochemicals // Research on Crops. 2020. No. 21 (1). Pp. 156–159. DOI: 10.31830/2348-7542.2020.026.

16. Feklistova I. N., Sadovskaya L. E., Maslak D. V., Grineva I. A., Kuleshova Yu. M., Skakun T. L., Lomonosova V. A., Lysak V. V., Maksimova N. P. Biologicheskie preparaty dlya zashchity i povysheniya urozhaya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Biological preparations for crop protection and yield increase] // Biologicheski aktivnye preparaty dlya rastenievodstva: materialy konferentsii. Minsk, 2018. Pp. 196–198. (In Russian.)

17. Platonov A. V., Rassokhina I. I., Sukhareva L. V., Laptev G. Yu., Bol'shakov V. N. Produktivnost' kormovykh trav pri ispol'zovanii mikrobiologicheskikh preparatov v usloviyakh Vologodskoy oblasti [Productivity of forage grasses when using microbiological preparations in the conditions of the Vologda Region] // Kormoproizvodstvo. 2021. No. 1. Pp. 21–25. DOI: 10.25685/KRM.2021.1.2021.001. (In Russian.)

18. Lisina T. O., Kononenko A. N., Kruglov Yu. V. Vliyanie *Bacillus megaterium* 501 GR na produktivnost' semennogo kartofelya [Effect of *Bacillus megaterium* 501 GR on seed potato productivity] // Sovremennoe sostoyanie, problemy i perspektivy razvitiya agrarnoy nauki: materialy III Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. Yalta, 2018. Pp. 40–41. (In Russian.)

19. Zou C., Li Z., Yu D. *Bacillus megaterium* strain XTBG34 promotes plant growth by producing 2-pentylfuran // The Journal of Microbiology. 2010. No. 48. Pp. 460–466. DOI: 10.1007/s12275-010-0068-z.

#### **Author's information:**

Lyubov V. Sukhareva, junior researcher<sup>1</sup>, postgraduate<sup>2</sup>, ORCID 0000-0002-1069-0856, AuthorID 959592; +7 900 506-81-72, lyubov.suxareva@yandex.ru

<sup>1</sup> Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences, Vologda, Russia

<sup>2</sup> Vologda State Dairy Academy named after N. V. Vereshchagin, Molochnoe, Russia